

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

22 JUL. 2003

Fait à Paris, le \_\_\_\_\_

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

**BREVET D'INVENTION**  
**CERTIFICAT D'UTILITÉ**  
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI




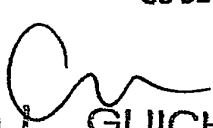
N° 11354\*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

CB 543 W / 200593

<b>REMISE DES PIÈCES</b>		<b>1</b> <b>NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE	
DATE	<b>8 AOUT 2002</b>	<b>COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL</b> Département PI Murielle KHAIRALLAH 30 avenue Kléber 75116 PARIS	
LIEU	<b>75 INPI PARIS</b>		
N° D'ENREGISTREMENT	<b>0210083</b>		
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI			
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI	<b>08 AOUT 2002</b>		
<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif) <b>104538/MK/OOCD/IC</b>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	Date
Demande de brevet initiale		N°	Date
<b>3 TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) <b>LASER LARGEMENT ACCORDABLE SUR CRISTAL PHOTONIQUE.</b>			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		<b>ALCATEL</b>	
Prénoms			
Forme juridique		<b>Société Anonyme</b>	
N° SIREN		<b>5.4.2.0.1.9.0.9.6</b>	
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	<b>54, rue La Boétie</b>	
	Code postal et ville	<b>75008 PARIS</b>	
Pays		<b>FRANCE</b>	
Nationalité		<b>Française</b>	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DES PIÈCES DATE <b>8 AOUT 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0210083</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI		06 543 W / 260893	
Vos références pour ce dossier : (facultatif)		104538/MK/OOCD/IC <span style="float: right;">12</span>			
<b>6 MANDATAIRE</b>					
Nom		KHAIRALLAH			
Prénom		Murielle			
Cabinet ou Société		Compagnie Financière Alcatel			
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 9222			
Adresse	Rue	30 Avenue Kléber			
	Code postal et ville	75116	PARIS		
N° de téléphone (facultatif)					
N° de télécopie (facultatif)					
Adresse électronique (facultatif)					
<b>7 INVENTEUR (S)</b>					
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée			
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)			
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non			
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):			
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes					
<b>10 SIGNATURE DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		Murielle KHAIRALLAH / LC 40 B 		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI  L. GUICHET	

## LASER LARGEMENT ACCORDABLE SUR CRISTAL PHOTONIQUE

La présente invention concerne le domaine des structures laser accordables.

On utilise couramment des diodes lasers comme sources accordables dans le cadre d'applications à la transmission optique de données. Dans un tel contexte, il est important de parvenir à une grande accordabilité, c'est à dire une grande gamme de longueur d'onde d'émission du laser, sans craindre les sauts de mode qui nuisent à la qualité de la transmission optique.

Il existe plusieurs types de lasers accordables connus, dont les lasers dits à réflecteurs distribués, communément appelés laser DBR (de l'anglais, Distributed Bragg Reflector). Un tel laser accordable « standard » est illustré sur la figure 1.

Il s'agit d'un composant semi-conducteur monolithique typiquement composé d'une section amplificatrice 1, dite "active", couplée à une section d'accord dite "de Bragg" 2. Optionnellement, une section dite "de phase" 3 peut être disposée entre les sections active 1 et de Bragg 2.

La section active 1 présente une structure verticale classiquement constituée d'une couche active amplificatrice CA disposée entre deux couches de gaine 4, 5 de dopages opposés. Cette couche active CA est habituellement composée d'une succession de puits quantiques séparés par des couches formant barrières de potentiel. Des électrodes supérieure 6 et inférieure 7 permettent une injection de courant  $I_a$  au travers de ces couches de façon à produire un effet d'amplification optique.

La section de Bragg 2 est une section réfléchissante présentant un maximum de réflectivité pour au moins une valeur de longueur d'onde de réflexion. Une de ses extrémités est donc couplée à la section active 1. Elle présente une structure verticale constituée d'une couche guidante CG homogène (dite "massive" ou "bulk" en anglais) disposée entre deux couches de gaine 4, 5. En outre, un réseau 8 est situé dans une des couches de gaine au voisinage de la couche guidante et forme le long du guide une alternance périodique de matériaux d'indices différents. Ce réseau 8 est conçu pour constituer un réflecteur sélectif en longueur d'onde présentant au moins un pic principal de réflectivité, c'est-à-dire une longueur d'onde de réflexion maximale. Cette longueur d'onde, dite "de Bragg"  $\lambda_b$ , est déterminée par le pas du réseau  $\Lambda$  et l'indice effectif  $n_b$  de la couche guidante CG, selon la formule classique  $\lambda_b = 2\Lambda.n_b$ .

La face externe 9 de la section active 1 constitue un réflecteur non sélectif en longueur d'onde et forme avec la section de Bragg 2 une cavité résonante de Fabry-Pérot contenant la section active 1.

Selon un premier type de laser, la puissance laser créée dans la cavité est  
 5 extraite essentiellement par cette face externe 9 qui est dite alors "face avant". Elle est rendue semi-réfléchissante au moyen d'une couche anti-reflet appropriée. Typiquement sa réflectivité est de l'ordre de 1,5 à 5% de façon à permettre à la fois l'oscillation laser et une émission à l'extérieur du composant de l'onde laser créée. L'extrémité de la section de Bragg qui n'est pas couplée à la section active constitue  
 10 une seconde face externe 10 du composant, dite "face arrière", et pour éviter la formation de modes parasites, celle-ci est rendue fortement anti-réfléchissante.

Selon un autre type de laser, la puissance laser créée dans la cavité peut être extraite essentiellement par l'extrémité de la section de Bragg qui n'est pas couplée à la section active. Cette extrémité devient alors une face avant ou est  
 15 couplée à d'autres sections intégrées au composant, telles que photodétecteur, amplificateur, modulateur. Dans ce cas, la face externe 9 de la section active 1 devient une face arrière qui peut être fortement réfléchissante, typiquement avec une réflectivité supérieure à 90 %.

Dans tous les cas, l'oscillation laser est possible pour un ensemble de modes  
 20 résonants longitudinaux (modes Fabry-Pérot) dont les longueurs d'onde sont imposées par la longueur optique de la cavité. Une oscillation se produira selon l'un de ces modes en cas d'accord suffisant entre sa longueur d'onde et la longueur d'onde de Bragg  $\lambda_B$ .

Pour réaliser une source accordable en longueur d'onde, il suffit de pouvoir  
 25 modifier la longueur d'onde de Bragg  $\lambda_B$ . Pour cela, la couche guidante CG de la section de Bragg doit être composée d'un matériau transparent sur toute la gamme de longueurs d'onde de fonctionnement et présenter un indice effectif  $n_b$  pouvant varier en fonction d'une commande. Le matériau est par exemple un milieu actif choisi pour que son indice dépende de la densité de porteurs qu'il contient. La  
 30 couche guidante CG est alors disposée entre les deux couches de gaine 4, 5 de dopages opposés et la section de Bragg comporte une électrode supérieure 11 coopérant avec l'électrode inférieure 7 précitée pour permettre une injection d'un courant électrique de commande  $I_b$  dans la couche guidante CG.

Ainsi, en réglant le courant  $I_b$ , on peut ajuster la longueur d'onde de Bragg  $\lambda_B$  à une valeur proche d'une longueur d'onde sélectionnée parmi celle des modes Fabry-Pérot de la cavité et par conséquent faire osciller le laser avec cette longueur d'onde choisie.

5           Un ajustement plus fin de la longueur d'onde d'oscillation peut par ailleurs être réalisée par un réglage de la température du composant. En agissant sur la température, on peut ajuster les indices des couches guidantes de la cavité et donc sa longueur optique, ce qui a pour effet de décaler le peigne de longueurs d'onde des modes Fabry-Pérot.

10           Une autre solution, telle qu'illustrée sur la figure 1, permettant d'ajuster plus facilement la longueur d'onde d'oscillation consiste à prévoir une section de phase 3 indépendante. Selon l'exemple représenté, la section de phase 3 prolonge la section de Bragg en direction de la section active 1, avec une structure verticale identique mais où le réseau de Bragg est absent. Elle comporte aussi une électrode supérieure  
15 12 coopérant avec l'électrode inférieure 7 du composant pour permettre une injection de courant électrique  $I_p$  dans la couche guidante CG. Ainsi, en agissant sur le courant électrique  $I_p$  injecté, on modifie la longueur optique de la cavité, ce qui décale le peigne de longueurs d'onde des modes Fabry-Pérot sans influencer la longueur d'onde de Bragg  $\lambda_B$ .

20           Le fonctionnement d'un laser accordable d'un type décrit ci-dessus sera d'onc déterminé par trois paramètres : le courant  $I_a$  injecté dans la section active 1, le courant  $I_b$  injecté dans la section de Bragg 2 et le courant  $I_p$  injecté dans la section de phase 3, ou à défaut de section de phase, la température.

En pratique, on impose une émission laser de puissance fixée et de longueur  
25 d'onde sélectionnable parmi une grille normalisée. Pour chaque longueur d'onde sélectionnable, les valeurs des trois paramètres  $I_a$ ,  $I_b$ ,  $I_p$  doivent en outre être choisies de sorte que le laser présente un fonctionnement monomode. Un paramètre représentatif de ce fonctionnement est appelé le "taux de réjection des modes secondaires" ou en abrégé "SMSR" (de l'anglais "Side Mode Suppression Ratio"). Le  
30 SMSR est défini comme le rapport de la puissance du mode oscillant principal à celle du mode oscillant secondaire de plus forte puissance (voisin du mode principal). Pour assurer une qualité voulue de transmission, on impose une valeur minimale à ce rapport généralement exprimé en décibels, par exemple 35 dB.

La figure 2 montre une courbe représentative des variations de la longueur d'onde  $\lambda$  du mode oscillant principal de la cavité en fonction du courant  $I_b$  (exprimé en mA) injecté dans la section de Bragg. La longueur d'onde de Bragg  $\lambda_b$  étant une fonction décroissante de ce courant  $I_b$ , on vérifie que la longueur d'onde  $\lambda$  décroît  
 5 lorsque  $I_b$  croît. Par ailleurs, les sauts de modes se manifestent par des discontinuités de la courbe. Chaque longueur d'onde sélectionnable  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_q$ , est comprise entre deux valeurs de longueurs d'onde de Bragg consécutives. Par exemple, la sélection d'un mode donné peut être obtenue en fixant la longueur d'onde de Bragg entre deux valeurs  $\lambda_{b1}, \lambda_{b2}$  correspondant respectivement à des sauts de mode,  
 10 lesquels correspondent sur la courbe à des valeurs particulières, par exemple  $I_{b1}$  et  $I_{b2}$ , du courant de Bragg  $I_b$ .

Ainsi, en faisant varier le courant de commande  $I_b$  de la section de Bragg, il est possible de sélectionner la longueur d'onde d'émission du laser et par conséquent d'accorder le laser. Classiquement, un laser DBR tel qu'illustré sur la figure 1, permet  
 15 d'atteindre une accordabilité de l'ordre de 15nm.

Pour augmenter la plage d'accordabilité, on peut envisager de disposer la section active entre deux sections de Bragg comportant chacune un réseau sélectif en longueur d'onde. Un tel laser, illustré sur la figure 3, est connu sous le nom de SG-DBR (de l'anglais Sample Grating-Distributed Bragg Reflector) et présente la même  
 20 structure qu'un laser DBR tel que précédemment décrit mais comporte deux sections de Bragg 2 et 2' couplées à chaque extrémité de la section active 1.

Comme illustré sur la figure 4, chaque section de Bragg 2 et 2' va produire un peigne de pics de réflexion, chaque pic correspondant à une longueur d'onde d'émission sélectionnable (figures 4a et 4b). Dans le cas d'un laser SG-DBR, un des  
 25 pics de la première section de Bragg 2 va coïncider avec un pic de la deuxième section de Bragg 2', et une oscillation laser se produira pour le mode de Fabry-Pérot dont la longueur d'onde est la plus proche du pic de coïncidence (figure 4c). Une commande en courant d'une des sections de Bragg 2, 2' déplace un des peignes et fait varier la longueur d'onde d'émission du laser par effet Vernier. Classiquement,  
 30 un laser SG-DBR, tel qu'illustré sur la figure 3, permet d'atteindre une accordabilité de l'ordre de 40nm.

Un laser SG-DBR offre une plage d'accordabilité intéressante mais limitée par la forme de l'enveloppe des pics de réflexion qui est typiquement un sinus

cardinal. Cette forme de l'enveloppe des pics de réflexion a comme conséquence que la puissance émise par le laser accordable n'est pas constante selon le mode d'émission sélectionné.

La figure 5 illustre schématiquement un laser DBR, tel que précédemment décrit, intégré avec un modulateur à électro-absorption, communément appelé ITLM (de l'anglais « Integrated Tunable Laser Modulator»). Un tel composant trouve principalement des applications au multiplexage en longueur d'onde (WDM).

Un composant ITLM comprend, en outre des sections amplificatrice 1 et d'accord 2 du laser, une section de modulation 21. La section de modulation 21 présente une structure verticale classiquement constituée d'une couche active absorbante CA', par exemple composée de puits quantiques ou d'un matériau massif. La longueur d'onde correspondant au pic de photoluminescence de cette couche CA' est environ 50nm plus bas que la longueur d'onde d'émission du laser. La section de modulation 21 comporte également une électrode supérieure coopérant avec l'électrode inférieure pour permettre l'application d'une tension de commande sur la couche absorbante CA' afin de faire varier le coefficient d'absorption du signal optique et produire une modulation d'amplitude.

La puissance de sortie d'un composant ITLM classique est cependant limitée par une forte réflexion de la section d'accord 2. En effet, la section d'accord est relativement longue (typiquement supérieure à 250µm) afin de permettre une bonne sélectivité fréquentielle et garantir un bon SMSR tel que défini précédemment. Cela entraîne cependant un coefficient de réflexion en puissance dans la section d'accord relativement fort, de l'ordre de 0.3dB.

En outre, la puissance de sortie d'un composant ITLM classique n'est pas constante en fonction du mode d'émission du laser sélectionné.

L'objectif de la présente invention est de proposer une structure laser présentant une plage d'accordabilité accrue avec une variation de puissance faible sur toute la plage d'accordabilité.

A cet effet, l'invention propose de remplacer les réseaux de Bragg des sections d'accord du laser par des réflecteurs constitués de cristaux photoniques. L'invention présente aussi l'avantage d'un procédé de fabrication simplifié car il ne nécessite qu'une seule étape d'épitaxie.



Plus particulièrement, la présente invention se rapporte à une structure laser à semi-conducteur comprenant un cœur de guidage de la lumière disposé entre une couche de confinement inférieure et une couche de confinement supérieure comportant un ruban gravé chargeant le cœur pour former un guide optique, le

5 cœur de guidage comprenant une section amplificatrice délimitée par deux réflecteurs formant une cavité résonnante permettant la sélection d'un mode laser dont la longueur d'onde est accordable, caractérisée en ce qu'au moins un réflecteur est constitué d'une section de cristal photonique composée de paires de réseaux de trous disposés de part et d'autre du ruban de guidage, chaque réseau de trous de la

10 section de cristal photonique présentant un arrangement des trous en trapèze, la grande base du trapèze étant plus éloignée du ruban de guidage que la petite base.

Selon une caractéristique, le réflecteur constitué d'une section de cristal photonique est composée de paires échantillonnées de réseaux de trous disposés de part et d'autre du ruban de guidage.

15 Selon une caractéristique, l'échantillonnage des paires de réseaux de trous est constant.

Selon un mode de réalisation, les deux réflecteurs sont constitués d'une section de cristal photonique composée de paires échantillonnées de réseaux de trous, l'échantillonnage des paires de réseaux de trous de chaque section de cristal

20 photonique étant différent.

Selon les modes de réalisation, le pas des réseaux de trous est constant ou variable.

Selon une application, la structure selon l'invention comprend en outre une section de modulation, le réflecteur disposé entre les sections amplificatrice et de

25 modulation étant constitué d'une section de cristal photonique composée d'au moins une paire de réseaux de trous disposés de part et d'autre du ruban de guidage.

Les particularités et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, donnée à titre d'exemple illustratif et

30 non limitatif, et faite en référence aux figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1, déjà décrite, est un schéma d'un laser accordable DBR connu de l'art antérieur ;

- la figure 2, déjà décrite, est une courbe illustrant les variations de la longueur d'onde d'émission du laser de la figure 1 en fonction du courant injecté dans la section de Bragg ;
- la figure 3, déjà décrite, est un schéma d'un laser accordable SG-DBR connu de l'art antérieur ;
- les figures 4a à 4c, déjà décrites, illustrent le principe de fonctionnement de l'émission d'un laser de la figure 3 ;
- la figure 5, déjà décrite, est un schéma d'un laser-modulateur intégré ITLM connu de l'art antérieur ;
- la figure 6 est un schéma d'un laser monomode à cristaux photoniques connu de l'art antérieur ;
- la figure 7 est un schéma d'un laser accordable selon l'invention ;
- les figures 8a à 8c illustrent différents modes de réalisation des sections de cristal photonique du laser de la figure 7 ;
- les figures 9a à 9c illustrent le principe de fonctionnement de l'émission d'un laser selon l'invention ;
- la figure 10 est un schéma d'un laser accordable intégré à un modulateur selon l'invention.

20 Selon l'invention, un laser accordable est réalisé. L'accordabilité du laser est obtenue de manière classique en sélectionnant un mode de Fabry-Pérot dans une cavité laser définie par une section active encadrée par deux réflecteurs dont au moins un est sélectif en longueur d'onde. Selon l'invention, au moins un réflecteur est constitué de cristaux photoniques échantillonnés.

25 La notion de cristal photonique, ou composant optique à bande interdite photonique (BIP), est apparue récemment. Le premier composant de ce type fut réalisé par Eli Yablonovitch en 1991. Typiquement, un tel composant est constitué d'un matériau massif diélectrique, par exemple un semi-conducteur III-V, incluant une distribution de motifs, dits « trous », régulièrement espacés. Les trous sont  
30 généralement de l'air mais peuvent être composés d'un autre matériau diélectrique, distinct du matériau massif, d'indice de réfraction inférieur à celui du matériau massif. Dans un composant photonique à trois dimensions, les motifs, ou trous,

présentent généralement la forme de billes, et dans un composant photonique à deux dimensions, les motifs présentent généralement la forme de cylindres.

La disposition régulière des trous dans le matériau massif permet d'assimiler un tel composant à un cristal, baptisé cristal photonique. Une telle structure  
 5 périodique entraîne la création d'une ou de plusieurs bandes photoniques interdites encadrées par des bandes d'énergie permises, de façon analogue à la structure électronique d'un cristal semi-conducteur.

Dans un composant photonique, la position de la bande photonique interdite est déterminée par l'espacement entre les trous, c'est à dire le pas, et la  
 10 largeur de cette bande photonique est étroitement liée au taux de remplissage des trous dans le matériau massif (connu comme « air filing » en terminologie anglaise), c'est à dire dépend du diamètre desdits trous. Ainsi, il est possible de réaliser un composant optique photonique qui soit totalement réflecteur dans une bande spectrale donnée.

15 Les composants photoniques font l'objet de nombreuses applications et expérimentations pour la transmission, l'émission ou la détection de signaux optiques. En particulier, ils constituent des filtres quasiment parfaits.

Ainsi, il a été envisagé de réaliser une structure laser utilisant des cristaux  
 20 photoniques comme réflecteur d'une cavité de Fabry-Pérot. La publication « Single mode operation of 2D photonic crystal based short coupled cavities lasers », Applied Physics Letters, Vol 79, N°25, PP 4091-4093, 2001, décrit une structure laser dont la cavité est délimitée par des miroirs « photoniques ». Une telle structure est illustrée sur la figure 6.

25 Une structure de guide optique en ruban, connue sous le terme de « rigde waveguide » en anglais est réalisée. Une telle structure comporte un cœur optique 13 de guidage de la lumière composé d'un matériau amplificateur et disposé entre deux couches de gaine 14, 15. Un ruban 16 est réalisé dans la couche de gaine supérieure 14 pour charger le cœur 13 et former un guide optique.

30 La structure décrite dans cette publication comporte une double cavité laser délimitée d'une part par un miroir arrière 17 de forte réflectivité constitué d'un réseau de trous formant un cristal photonique et d'autre part par une facette clivée 9 et par un miroir interne 18 constitué d'une section de cristaux photoniques composée d'une

paire de réseaux de trous disposés latéralement de part et d'autre du ruban de guidage 16. La structure laser ainsi définie émet un unique mode dû au couplage des deux cavités laser précédemment définies.

5            Selon l'invention, une structure laser accordable est réalisée comportant au moins un réflecteur sélectif en longueur d'onde et au moins un réflecteur constitué d'une section de cristaux photoniques, ladite section photonique pouvant constituer ledit réflecteur sélectif en longueur d'onde. Une telle structure est illustrée schématiquement sur la figure 7.

10            La structure laser selon l'invention est un composant semi-conducteur comportant un cœur optique 13 de guidage de la lumière disposé entre deux couches de gaine 14, 15 de dopage opposé. Le cœur optique 13 présente une section amplificatrice, dite active 1, couplée à au moins une section passive comportant un réflecteur sélectif en longueur d'onde, dite d'accord 2. Le cœur  
15 optique est composé d'un matériau amplificateur CA sur la section active 1 et d'un matériau homogène CG sur la ou les section(s) d'accord 2. Un ruban 16 est en outre gravé sur la couche de gaine supérieure 14 pour charger le cœur 13 et former un guide optique, connu sous le terme anglo-saxon classique de « ridge waveguide ». Des électrodes supérieures sont disposées au-dessus de chaque section et coopèrent  
20 avec une électrode inférieure conformément à ce qui a été décrit en référence à l'art antérieur.

Au moins un réflecteur est constitué d'une section de cristal photonique composée d'au moins une paire de réseaux de trous 19. Les trous de chaque réseau 19 s'étendent à travers la couche de gaine supérieure 14 et la couche guidante 13  
25 jusque dans la couche de gaine inférieure 15. Chaque réseau de trous 19 va par paire disposée de part et d'autre du ruban de guidage 16.

Selon l'invention et comme illustré sur les figures 8a à 8c, chaque réseau de trous 19 de la section de cristal photonique présente un arrangement des trous en trapèze, la grande base du trapèze étant plus éloignée du ruban de guidage 16 que  
30 la petite base. Selon une variante, l'arrangement en trapèze peut être un triangle.

Plusieurs configurations sont envisageables pour l'arrangement des réseaux de trous 19 et dépendent de la maille choisie (triangulaire, carré, ou autre), du pas et

de l'ordre de diffraction du réseau. Le pas de chaque réseau peut être constant ou variable selon les applications.

Selon une caractéristique avantageuse, c'est le réflecteur de la section d'accord qui est constitué d'une section de cristal photonique. Les paires de réseaux de trous 19 sont alors échantillonnées. En outre, dans le cas où deux sections d'accord 2, 2' seraient réalisées de part et d'autre de la section active 1, l'échantillonnage n'est pas identique sur les deux sections.

Avantageusement, la structure laser selon l'invention peut comporter deux sections d'accords 2, 2'. Chaque section d'accord 2, 2' composée de cristaux photoniques échantillonnés crée un peigne de pics de réflexion, selon le même principe que les sections de Bragg des lasers précédemment décrits. En effet, chaque réseau de trous 19 va créer une modulation d'indice locale périodique et l'échantillonnage desdits réseaux de trous 19 par paires de part et d'autre du ruban de guidage 16 va engendrer une modulation à une échelle de l'ordre de quelques centaines de microns.

Comme illustré sur les figures 9, l'enveloppe du peigne d'émission des sections d'accord selon l'invention est beaucoup plus plate due, du fait d'un arrangement approprié des trous dans chaque réseau 19, en trapèze tel que précédemment défini. Un tel arrangement des trous permet d'obtenir un peigne de pics de réflexion quasi uniforme. De ce fait, la plage d'accordabilité est accrue et les variations de puissance selon les longueurs d'onde d'émission sont réduites.

La figure 10 illustre une application de l'invention aux composants ITLM, dans le domaine de source intégrant un laser accordable et un modulateur à électro-absorption.

La structure laser selon l'invention, telle que précédemment décrite, comprend alors en outre une section de modulation 21. Le réflecteur disposé entre les sections amplificatrice 1 et de modulation 21 est avantageusement constitué d'une section de cristal photonique composée d'au moins une paire de réseaux de trous 19 disposés de part et d'autre du ruban de guidage 16. Cette section de cristal photonique forme une cavité optique avec la section d'accord 2, qui peut être constituée d'un réseau de Bragg classique 8 ou d'une section de cristal photonique composée de paires de réseaux de trous telle que précédemment définis.

La section d'accord 2 doit être suffisamment longue (typiquement supérieure à 250 $\mu$ m) pour permettre une bonne sélectivité modale, alors que les réseaux de trous ne s'étendent que sur une très faible longueur (de quelques microns à quelques dizaines de microns). L'arrangement du réseau de trous en trapèze permet  
5 notamment de garantir un coefficient de réflexion faible (de l'ordre de quelque pourcents) qui varie peu avec la longueur d'onde sélectionnée. Il est ainsi possible d'obtenir un composant ITLM de forte puissance d'émission sur une large zone d'accordabilité fréquentielle.

## REVENDEICATIONS

1. Structure laser à semi-conducteur comprenant un cœur de guidage (13) de la lumière disposé entre une couche de confinement inférieure (5) et une couche de confinement supérieure (4) comportant un ruban gravé (14) chargeant le cœur pour former un guide optique, le cœur de guidage comprenant une section amplificatrice (1) délimitée par deux réflecteurs formant une cavité résonnante permettant la sélection d'un mode laser dont la longueur d'onde est accordable, caractérisée en ce qu'au moins un réflecteur est constitué d'une section de cristal photonique (2) composée d'au moins une paire de réseaux de trous (19) disposés de part et d'autre du ruban de guidage (16), chaque réseau de trous (19) de la section de cristal photonique présentant un arrangement des trous en trapèze, la grande base du trapèze étant plus éloignée du ruban de guidage que la petite base.
2. Structure laser selon la revendication 1, caractérisée en ce que le réflecteur constitué d'une section de cristal photonique (2) est composée de paires échantillonnées de réseaux de trous (19) disposés de part et d'autre du ruban de guidage (16).
3. Structure laser selon la revendication 2, caractérisée en ce que l'échantillonnage des paires de réseaux de trous (19) est constant.
4. Structure laser selon la revendication 2, caractérisée en ce que les deux réflecteurs sont constitués d'une section de cristal photonique (2, 2') composée de paires échantillonnées de réseaux de trous (19), l'échantillonnage des paires de réseaux de trous (19) de chaque section de cristal photonique (2, 2') étant différent.
5. Structure laser selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que le pas des réseaux de trous (19) est constant.
6. Structure laser selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que le pas des réseaux de trous (19) est variable.
7. Structure laser selon la revendication 1, caractérisée en ce que ladite structure comprend en outre une section de modulation (4), le réflecteur disposé entre les sections amplificatrice (1) et de modulation (4) étant constitué d'une section de cristal photonique (2) composée d'au moins une paire de réseaux de trous (19) disposés de part et d'autre du ruban de guidage (16).

Fig 1

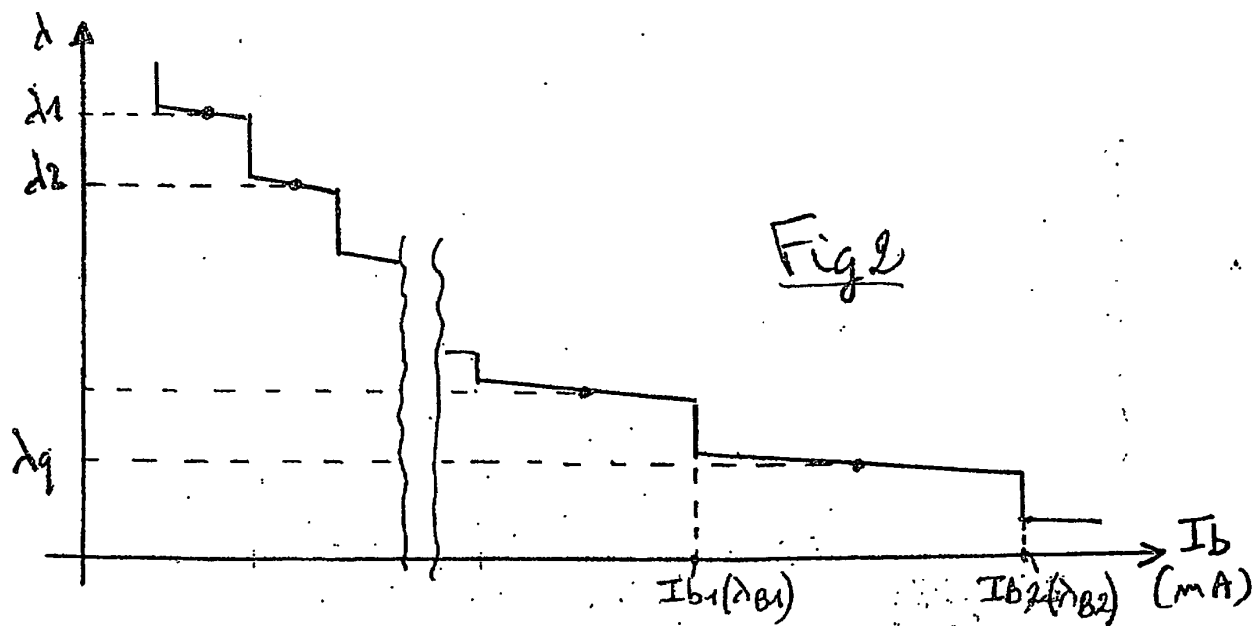
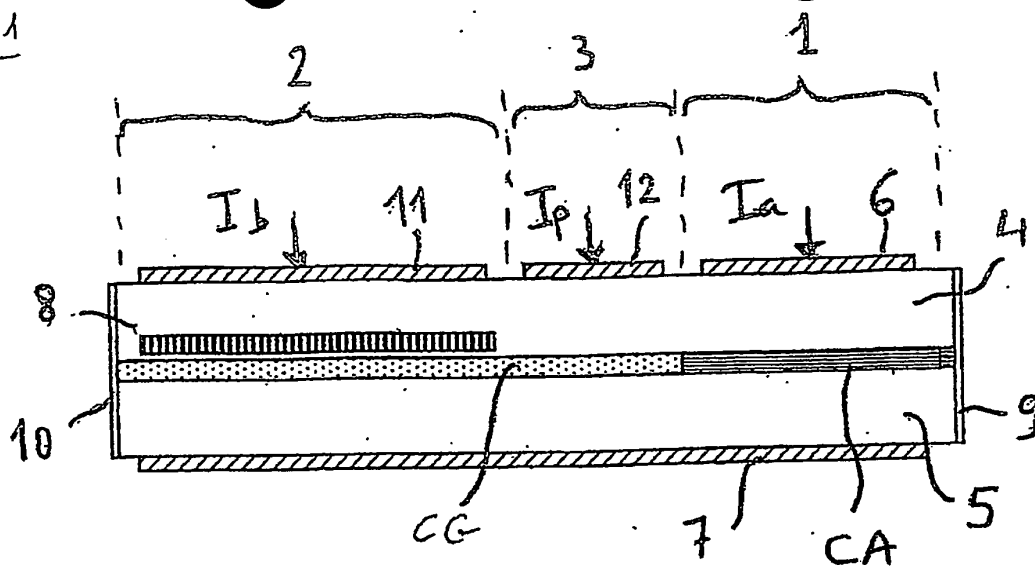


Fig 2

Fig 3

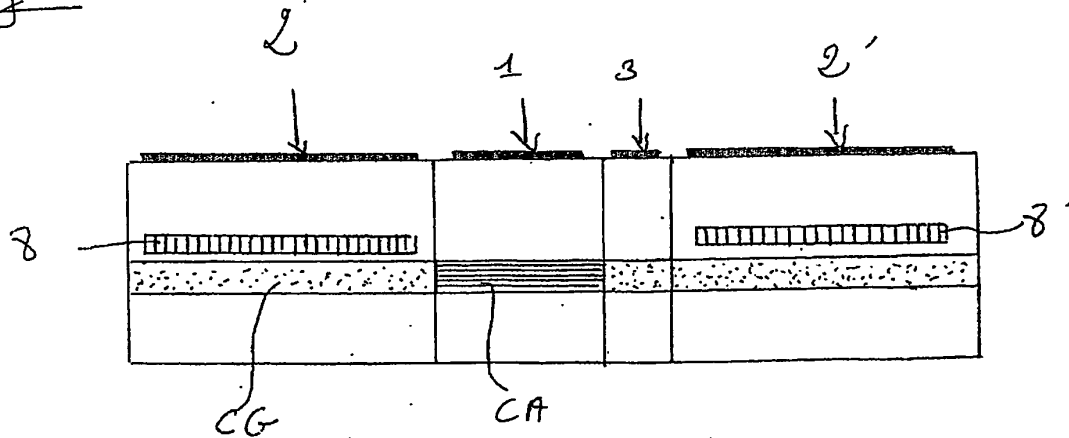




Fig 4

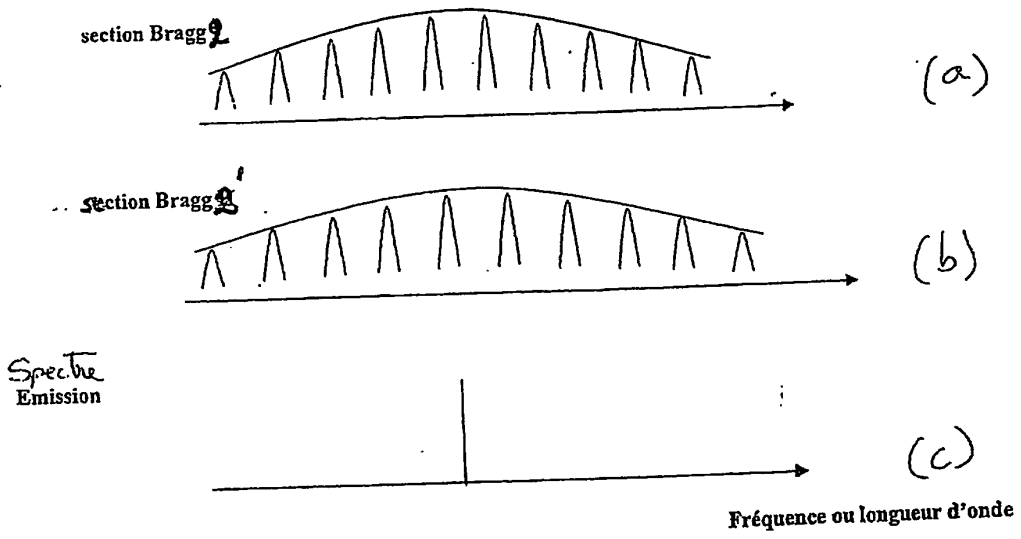


Fig 5

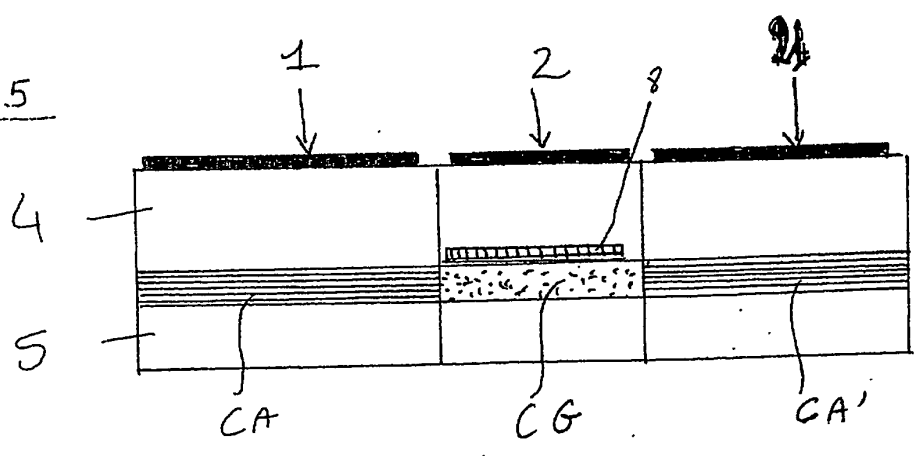


Fig 6

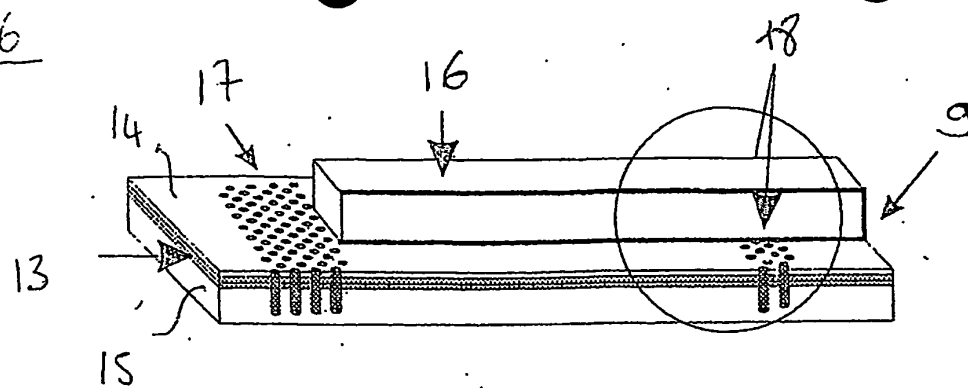


Fig 7

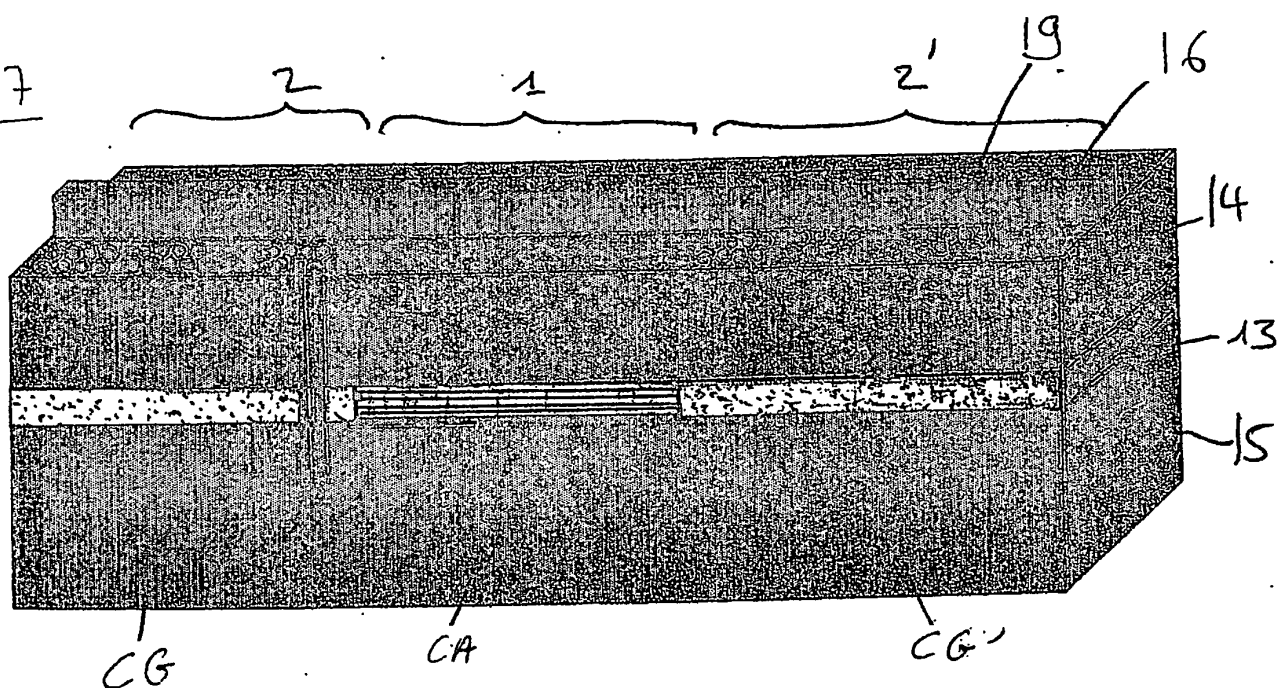


Fig 8

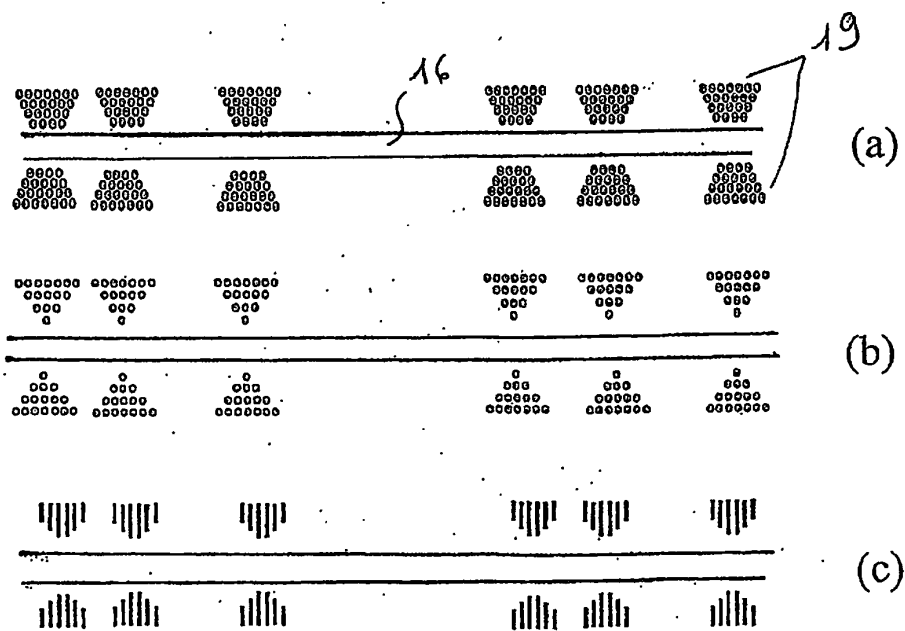


Fig 9

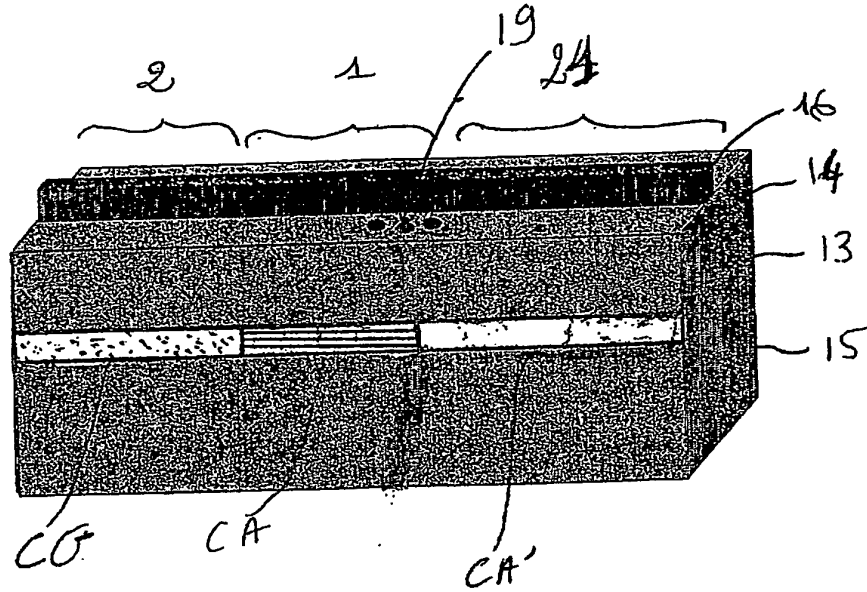
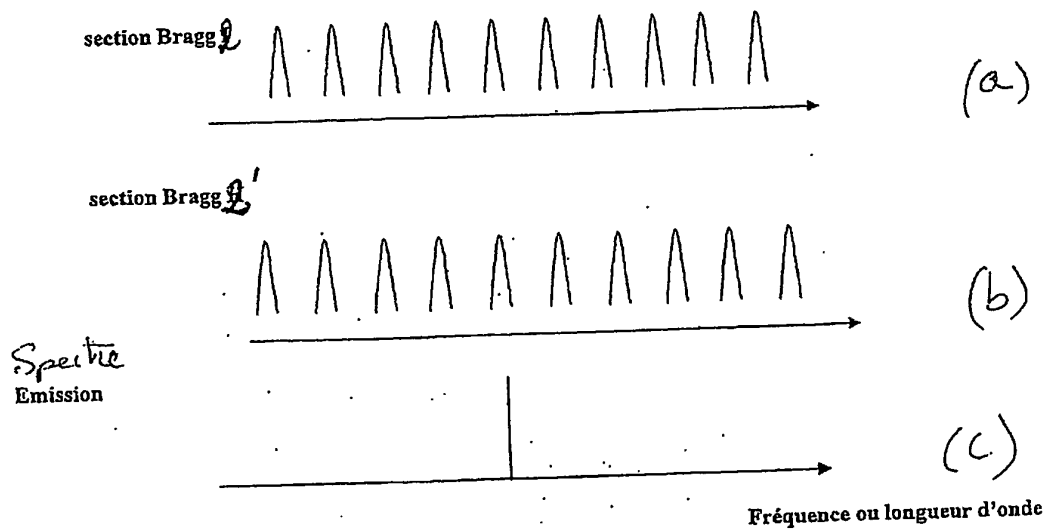


Fig 10





DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'ORIGINALITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11 235\*02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° .1./2..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

GB 113 W / 26/895

Vos références pour ce dossier (facultatif)		104538/MK/OOCD/IC		12
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0210083		
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) LASER LARGEMENT ACCORDABLE SUR CRISTAL PHOTONIQUE.				
LE(S) DEMANDEUR(S) :  Société anonyme <b>ALCATEL</b>				
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).				
Nom		DUAN		
Prénoms		Guang-Hua		
Adresse	Rue	31, RUE CHÂTEAUBRIAND 92290 CHATENAY MALABRY, FRANCE		
	Code postal et ville			
Société d'appartenance (facultatif)				
Nom		BRILLOUET		
Prénoms		François		
Adresse	Rue	57 RUE DES SABLONS 92140 CLAMART, FRANCE		
	Code postal et ville			
Société d'appartenance (facultatif)				
Nom		POMMEREAU		
Prénoms		Frédéric		
Adresse	Rue	2 GRANDE RUE LES PASTOUREAUX - BÂT. A 91510 LARDY, FRANCE		
	Code postal et ville			
Société d'appartenance (facultatif)				
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		6 août 2002 Murielle KHAIRALLAH 		

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

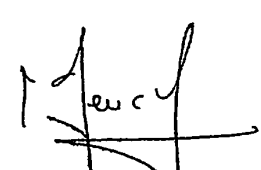
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2. / 2.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 V / 255591

Vos références pour ce dossier (facultatif)		104538/MK/OOCD/IC		12
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0210083		
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) LASER LARGEMENT ACCORDABLE SUR CRISTAL PHOTONIQUE.				
LE(S) DEMANDEUR(S) :  Société anonyme <b>ALCATEL</b>				
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).				
Nom		LEGOUEZIGOU		
Prénoms		Lionel		
Adresse	Rue	21 VAIE DES SOURCES 91530 LE VAL ST_GERMAIN		
	Code postal et ville	FRANCE		
Société d'appartenance (facultatif)				
Nom		HUBERT		
Prénoms		Sarah		
Adresse	Rue	RÉSIDENCE DU PARC PIERRE ESC. U 91700 SAINTE		
	Code postal et ville	GENEVIEVE DES BOIS FRANCE		
Société d'appartenance (facultatif)				
Nom				
Prénoms				
Adresse	Rue			
	Code postal et ville			
Société d'appartenance (facultatif)				
DATE ET SIGNATURE(S) DU DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		6 août 2002 Murielle KHAIRALLAH 		

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images  
problems checked, please do not report the  
problems to the IFW Image Problem Mailbox**